

**В.Н. ВЛАСЕНКО**, к.т.н., председатель ТК-47 "Механические приводы", директор ООО "НИИ "Редуктор", Киев;  
**В.М. ФЕИ**, гл. инженер ООО "НИИ "Редуктор";  
**П.И. ЧЕРЕМХОВСКИЙ**, директор ООО "Редуктор-Сервис", Киев

## РАСШИРЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ПЛАНЕТАРНЫХ МОТОР-РЕДУКТОРОВ

В статье представлена новая серия планетарных мотор-редукторов типа 6МП-125.

У статті представлено нову серію планетарних мотор-редукторів типу 6МП-125.

The article presents a new series planetary gear-motors type 6МП-125.

Новая серия планетарных одно-, двух- и трехступенчатых мотор-редукторов типа 6МП пополнилась в 2011г. новым типоразмером 6МП-125, разработанным ООО "Научно-исследовательский институт "Редуктор" (ООО "НИИ "Редуктор") по заявке ООО "Редуктор-Сервис" для нужд промышленности, строительства, сельского хозяйства.

Редукторная часть выполнена планетарной по схеме  $A_{ah}^b$  с эвольвентными зубчатыми передачами высокой прочности и точности, заключенными в единый корпус, что исключает погрешности в центрировании составных частей (см. рисунок).

Электродвигатель – асинхронный трехфазный с короткозамкнутым ротором общепромышленного или специального применения по требованию Заказчика. Мотор-редуктор имеет широкий диапазон параметров мощностей (3-132кВт), частот вращения выходного вала (3,55-224об/мин), крутящих моментов на выходном валу (6000...12000Н·м), различные конструктивные исполнения по способу монтажа и расположению в пространстве.

Первая промышленная партия мотор-редуктора 6МП-125-35-111 изготовлена ООО "Редуктор-Сервис" и передана в промышленную эксплуатацию Заказчику.

В таблице приведены сравнительные данные мотор-редуктора 6МП-125-35-111 с лучшими зарубежными образцами, подтверждающие высокий технический уровень созданного мотор-редуктора.



Рисунок – Мотор-редуктор 6МП-125-35-111

Заказы на поставку по адресу: (e-mail: [niireductor@yandex.ru](mailto:niireductor@yandex.ru)).

Таблица – Сравнительные данные мотор-редукторов 6МП-125-35-111 с лучшими зарубежными образцами

Технические данные	6МП-125-35 [1]	R167DRS180LC4 [2]	MR873-200L/4 [3]	C90339,4P2006BN200L4, C1003.36.9P225BN225S4 [4]
Мощность двигателя, кВт	30,0/37,0	30,0/37,0	30,0/37,0	30,0/37,0
Частота вращения выходного вала, об/мин	35	37	35	37/39
Крутящий момент на выходном валу, Н·м	8000/10000	7770/9590	7800/9620	6033/6969
Масса, кг	635/690	780/890	710/775	542/648
Габаритные размеры, L×B×H, мм	1220×580×593	1479×660×675	1528×562×630	1586×520×495
Удельная масса, кг/Н·м	0,08/0,069	0,100/0,093	0,090/0,080	0,090/0,093
Диаметр выходного вала, мм	125	120	110	90
Высота оси вращения, мм	315	355/425	300	300/345

**Список литературы:** 1. ГОСТ 25484-1994. Мотор-редукторы зубчатые. Общие технические условия. – 18с. 2. SEW-EVRODRIVE. Германия. Каталог A3.D01. 2011. – 786с. 3. BONFIGLIOLI RIDUTORI. Италия. Каталог. 2011. – 402с. 4. MR873-200L/4 YLMAC Турция, 2011. – 784с.

Поступила в редакцию 27.05.12

**Д.О. ВОЛОНЦЕВИЧ**, д.т.н., проф., зав. каф. КГМ им. А.А. Морозова НТУ "ХПИ", Харьков;  
**Е.А. ВЕРЕТЕННИКОВ**, аспирант каф. КГМ им. А.А. Морозова НТУ "ХПИ";  
**А.Е. ИСТОМИН**, к.т.н., доцент каф. КГМ им. А.А. Морозова НТУ "ХПИ"

## БОРТОВАЯ ПЛАНЕТАРНАЯ КОРОБКА ПЕРЕДАЧ ДЛЯ ОСНОВНОГО ТАНКА

В статье рассмотрена схема новой восьмиступенчатой с четырьмя передачами заднего хода механической планетарной коробки передач основного танка с бортовой структурой трансмиссии, существенно повышающая подвижность машины и komponующаяся в габаритах старой семиступенчатой бортовой планетарной коробки передач.

В статті розглянута схема нової восьмиступеневої з чотирма передачами заднього ходу механічної планетарної коробки передач основного танку з бортовою структурою трансмісії, що істотно підвищує рухливість машини і що компонується в габаритах старої семиступеневої бортової планетарної коробки передач.

In the article is considered the new scheme of eightstep with four transmissions of back-draught mechanical planetary gear-box basic tank with the side structure of transmission, substantially step-up mobility of machine and taking place in the sizes of old sevenstep side planetary gear-box..

**Введение.** При проектировании моторно-трансмиссионных установок (МТУ) танков третьего и четвертого поколения сложились два основных подхода:

1) Центральные трансмиссии с комплексной гидропередачей (гидро-трансформатором), механической планетарной коробкой передач с гидроуправлением и двухпоточным гидрообъемным механизмом поворота (ГОМП), которые работают совместно с четырехтактным дизельным двигателем, установленным вдоль оси машины.

2) Бортовые механические планетарные коробки передач с гидроуправлением (БПКП), которые работают совместно с двухтактным или четырехтактным дизельным двигателем, установленным поперек оси машины.

Первый подход, благодаря использованию гидротрансформатора, облегчает автоматизацию трансмиссии и управление машиной, позволяет очень плавно наращивать силу тяги на движителе, что особенно важно при движении по слабо-несущим грунтам. Использование двухпоточного ГОМП облегчает управление машиной, позволяет легко переходить от традиционных рычагов управления к штурвалу и реализовывать все радиусы поворота как фиксированные. Однако этот подход требует сравнительно больших объемов и высоты, что, в свою очередь, увеличивает объем бронированного пространства и резко увеличивает вес машины при попытке сохранить параметр защищенности, а так же увеличивает силуэт машины, что облегчает ее обнаружение на поле боя. Этот подход характерен для всех разработчиков танков, кроме Украины и России.

Второй подход, особенно благодаря применению Харьковских двухтактных дизельных двигателей, позволяет получить машину с наиболее компактной МТУ и с минимально возможными весом и габаритами. Однако одновременно этот подход затрудняет управляемость машиной. Так на танках Т-64, Т-72, Т-80, Т-80УД, где еще не было установлено автоматической системы управления поворотом, органами управления оставались классические тракторные рычаги, и теоретическое количество фиксированных радиусов поворота отвечало количеству передач. Кроме того, передаточные отношения, реализованные в существующих БПКП с тремя степенями свободы в угоду компактности, далеки от идеальных и для динамичного разгона, и для поворота с фиксированными радиусами. Частично эта проблема была решена на российском танке Т-90 путем установки двухпоточного ГОМП и на украинской БМ "Оплот" путем установки автоматической системы управления поворотом. Однако передаточные отношения без потери компактности БПКП с тремя степенями свободы скорректировать пока не удалось.

**Анализ последних достижений и публикаций.** В последнее время при дальнейшем увеличении мощности харьковских двухтактных дизелей 6ТД-2 наметилась тенденция к заметному снижению коэффициента приспособляемости этих двигателей, что требует увеличения количества ступеней в механической трансмиссии. Одновременно для бронетанковой техники актуальным стало повышение скорости движения задним ходом. На последнее частичным ответом стало внедрение реверсивной бортовой передачи на БМ "Оплот". Частичным оно является по тому, что попытка изменить параметры трансмиссии, не изменяя схемы БПКП, привела к необходимости устанавливать реверс-редуктор между ведущим колесом и остановочным тормозом. И хотя конструкция реверсивной бортовой передачи не позволяет включить нейтраль и оставить машину без тормозов, включение и выключение реверса здесь возможно только на относительно ровных участках местности.

Сложившаяся ситуация подталкивает многих российских и украинских разработчиков к мысли отказаться от второго подхода в проектировании МТУ, что приведет к потере преимуществ в компактности и защищенности и необходимости догонять в новых разработках конкурентов, имеющих несколько больший опыт работы с первым "подходом".

Авторами статьи после проведенных теоретических изысканий на тему получения оптимального набора передаточных чисел для максимально возможной динамики разгона танка в различных дорожных условиях и улучшения управляемости машиной [1-4] была предпринята попытка в базовых габаритах объекта синтезировать схему БПКП, полностью или хотя бы частично снимающую возникшие противоречия. Это в целом может позволить улучшить характеристики подвижности танка в рамках принятого второго подхода компоновки МТУ без увеличения боевого веса машины.

**Основная часть.** С учетом описанной выше постановки было принято решение структурно БПКП разделить на входной реверс-демультипликатор, представляющий собой трехступенчатую двухступенную планетарную коробку с передаточными отношениями  $i_L=+3,333$ ;  $i_N=+1$ ;  $i_R=-3,429$ , и собственно четырехступенчатую двухступенную планетарную коробку с передаточными отношениями  $i_I=+2,468$ ;  $i_{II}=+1,826$ ;  $i_{III}=1,35$ ;  $i_{IV}=1$ . При этом получается общая разбивка передаточных отношений по геометрической прогрессии с коэффициентом 1,35. Схема предлагаемой БПКП представлена на рисунке.

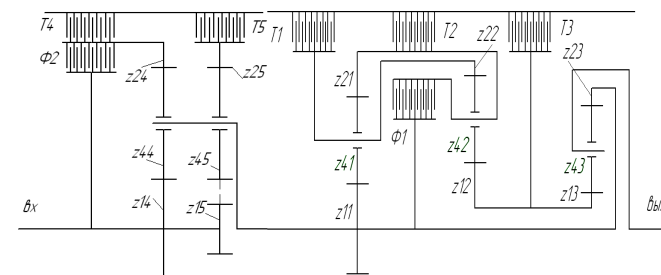


Рисунок – Кинематическая схема БПКП

Структурно-параметрический синтез отдельно реверс-демультипликатора и отдельно четырехступенчатой коробки проводился по методу М.А. Крэйнеса в изложении [5] для планетарных коробок передач с двумя степенями свободы при заданных передаточных отношениях.

Для обеспечения полученных в результате структурно-параметрического синтеза кинематических и силовых параметров для всех планетарных рядов были определены числа зубьев на шестернях и количество сателлитов, приведенные в таблице 1.

Сами полученные кинематические и силовые параметры предлагаемой БПКП представлены в таблице 2.

При сравнительном анализе базовой и предлагаемой БПКП видно, что в новой коробке существенно снижены крутящие моменты на наиболее нагруженных фрикционных. Так, если в базовой коробке на блокировочном фрикционе максимальный крутящий момент составлял 4,57 от входного момента, то на новой БПКП на блокировочные фрикционы попадает максимум 1,547 и 0,7 от входного момента. Аналогично на остановочных тормозах – максимально было 7,17, а стало 5,016 от входного момента. Все это в сочетании с увеличением числа сателлитов до 4-5 практически на всех рядах и возможностью вернуться к нереверсивной более компактной бортовой передаче по предварительным прочностным оценкам дает возможность, несмотря на увеличение на один числа планетарных рядов и остановочных тормозов, компоновать БПКП по предложенной схеме в габаритах базовой БПКП БМ "Оплот".

**Вывод.** При установке предлагаемых БПКП на БМ "Оплот" динамика разгона машины до максимальной скорости на любой местности увеличиться от 9 до 12%; благодаря сокращению в разрыве между первой и второй передачей с 1,857 до 1,352 появится возможность для тяжелых дорожных условий начинать разгон с первой передачи; будет обеспечена возможность включения всех передач заднего хода на любых уклонах; облегчится запуск двигателя в холодное время за счет отсоединения от двигателя основной коробки на реверс-демультипликаторе; а также появится возможность торможения машины одновременно тремя, а не двумя (как раньше) тормозными механизмами. Это позволит улучшить характеристики подвижности танка в рамках принятого второго подхода компоновки МТУ.

**Список литературы:** 1. Волонцевич Д.О. К вопросу разбивки передаточных отношений бортовых планетарных коробок передач гусеничных машин / Д.О. Волонцевич, Е.А. Веретенников // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – №2/7(50). – С.25-27. 2. Волонцевич Д.О. Методика комплексной оценки динамичности военных гусеничных и колесных машин на этапе структурно-параметрического синтеза их трансмиссий / Д.О. Волонцевич, Е.А. Веретенников // Вісник НТУ "ХПІ". Збірка наукових праць. Тематичний випуск: Транспортне машинобудування. – Харків: НТУ "ХПІ", 2011. – №18. – С.102-105. 3. Волонцевич Д.О. Зависимость динамичности разгона БМ Оплот в различных дорожных условиях от способа разбивки передаточных отношений в бортовых планетарных коробках пере-

Таблица 1 – Числа зубьев и сателлитов предлагаемой БПКП

№ ряда	1	2	3	4	5
наименование					
солнце – $Z_{1i}$	23	28	28	24	14
эпицикл – $Z_{2i}$	73	87	80	56	62
сателлит – $Z_{4i}$	25	29	26	16	18-21
$n_{\text{сат}}$	4	5	4	4	3

дач / Д.О. Волонцевич, Е.А. Веретенников // Механіка та машинобудування. – №1. – 2011. – С.20-31. 4. Волонцевич Д.О. Синтез новой кинематической схемы бортовых планетарных коробок передач основного танка на базе разобраных критеріів оцінки динамічності машин / Д.О. Волонцевич, Є.О. Веретенников // Механіка та машинобудування. – 2009. – №1. 5. Анализ планетарных коробок передач транспортных и тяговых машин / Филичкин Н.В. Учебное пособие. Компьютерная версия исправленная и дополненная. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 178с.

Таблица 2 – Кинематические и силовые параметры предлагаемой восьмиступенчатой БПКП														
Передаточные отношения														
$i_1$	$i_2$	$i_3$	$i_4$	$i_5$	$i_6$	$i_7$	$i_8$	$i_9$	$i_{10}$	$i_{11}$	$i_{12}$	$i_{13}$	$i_{14}$	$i_{15}$
8,226	6,086	4,50	3,333	2,468	1,826	1,35	1	-8,462	-6,26	-4,629	-3,429			
Коэффициент разбивки соседних передач														
$q_1$	$q_2$	$q_3$	$q_4$	$q_5$	$q_6$	$q_7$	$q_8$	$q_9$	$q_{10}$	$q_{11}$	$q_{12}$	$q_{13}$	$q_{14}$	$q_{15}$
1,352	1,35	1,351	1,352	1,352	1,352	1,35								
Относительные угловые скорости звеньев														
$\omega_{1i}$	$\omega_{2i}$	$\omega_{3i}$	$\omega_{4i}$	$\omega_{5i}$	$\omega_{6i}$	$\omega_{7i}$	$\omega_{8i}$	$\omega_{9i}$	$\omega_{10i}$	$\omega_{11i}$	$\omega_{12i}$	$\omega_{13i}$	$\omega_{14i}$	$\omega_{15i}$
I	1	0,095	0	-0,389	0	0,462	0,277	0,28	0,549	-1,05	-0,544	0,121		
II		0	0,072	-0,223	0	0,462	0,277	0,28	0,549	-1,05	-0,544	0,121		
III		0,035	0,046	0	0	0,462	0,277	0,28	0,549	-1,05	-0,544	0,121		
IV		0,3	0,3	0,3	0	0,462	0	0	0,462	0	0	0,462	0,3	
V		-0,315	0	-1,291	1	0,922	0,931	1,828	0	0	0	0,406		
VI		0	0,24	-0,743	1	1	0,701	0,709	1,39	0	0	0,548		
VII		0,115	0,152	0	1	1	0,782	0,11	0,798	0	0	0,741		
VIII		0,092	0	0,379	-0,846	0	-0,270	-0,273	-0,534	-1,938	-1,005	-0,118		
RI		0	-0,070	0,217	-0,846	0	-0,204	-0,207	-0,406	-1,938	-1,005	-0,160		
RII		-0,034	-0,045	0	-0,846	0	-0,228	-0,032	-0,233	-1,938	-1,005	-0,216		
RIII		-0,292	-0,292	-0,292	-0,846	0	0	0	0	-1,938	-1,005	-0,292		
Относительные моменты на валу, валовые и управляющие фрикционные моменты без учета потерь в зацеплениях														
$M_{1i}$	$M_{2i}$	$M_{3i}$	$M_{4i}$	$M_{5i}$	$M_{6i}$	$M_{7i}$	$M_{8i}$	$M_{9i}$	$M_{10i}$	$M_{11i}$	$M_{12i}$	$M_{13i}$	$M_{14i}$	$M_{15i}$
I	8,226	4,882	0	0	0	0	3,333	0	0	0	0	0	0	0
II	6,086	0	2,747	0	0	0	3,333	0	0	0	0	0	0	0
III	4,50	0	1,167	0	0	0	3,333	0	0	0	0	0	0	0
IV	3,333	0	0	0	0	0	3,333	0	0	0	0	0	0	0
V	2,468	1,468	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VI	1,826	0	0,826	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VII	1,35	0	0	0,35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VIII	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RI	8,462	5,016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RII	6,26	0	2,822	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RIII	4,629	0	0	1,20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RIV	3,429	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**В.С. ГАПОНОВ**, д.т.н., проф., зав. каф. ДМ и ПМ НТУ "ХПИ", Харьков;  
**А.И. НАУМОВ**, инженер каф. ДМ и ПМ НТУ "ХПИ"

### ПАРЦИАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРУГОЙ ОПОРЫ ПОДШИПНИКОВ РОТОРА С УПРАВЛЯЕМЫМ ИЗМЕНЕНИЕМ КВАЗИНУЛЕВОЙ ЖЕСТКОСТИ

Обоснована возможность частотной настройки динамической системы упругой опоры сверхскоростных роторов по ее парциальным системам.

Обґрунтовано можливість частотного налаштування динамічної системи пружної опори надшвидкісних роторів по її парціальним системам.

Grounded possibility of the frequency tuning of the dynamic system of resilient support of ultraspeed rotors for to its partial systems.

**Введение.** Использование пассивных упругих опор с управляемой квазиулево́й жесткостью для высокоскоростных роторов с заданной функцией жесткости в рабочем пространстве кинематико-силовых характеристик может устранить противоречие между статической и динамической жесткостями, если система будет иметь следящие свойства по низкочастотной составляющей реакции в опорах ротора [3].

**Анализ последних публикаций.** Вопросы эффективности применения упругих опор подшипников с управляемой квазиулево́й жесткостью для высокоскоростных роторов рассмотрены в [1-4].

**Цель и постановка задачи.** Целью настоящей работы является обоснование возможности частотной настройки динамической системы упругих опор с управляемой квазиулево́й жесткостью для высокоскоростных роторов с заданной функцией жесткости в рабочем пространстве кинематико-силовых характеристик по её парциальным системам.

**Основная часть.** Рассмотрим уравнения движения системы [1] с учётом предварительной деформации упругого элемента  $C_{20}$ , которая может быть использована для получения необходимой конфигурации элементов опоры, соответствующей квазиулево́й жесткости. В этом случае сила корректора (рисунок 1) по линии  $A_1B_1$  будет находится в конусе трения, следовательно, массой  $m_2$  не управляет. Управление осуществляется силовым потоком, проходящим по  $C_{12}$ .

$$m_1 \ddot{x}_1 + C_{10} x_1 - 2C_{12} (x_2 - x_1) + 2C_k \left( \frac{h_0}{h} - 1 \right) (x_2 - x_1 + b) = F_1(t);$$

$$m_2 \ddot{x}_2 + C_{20} x_2 + C_{12} (x_2 - x_1) - C_k \left( \frac{h_0}{h} - 1 \right) (x_2 - x_1 + b) + F_{тр} = 0.$$